

92/028 PCT REF AL



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 497 140 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **92100571.6**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>: **H01S 3/06**

(22) Anmeldetag: **15.01.92**

(30) Priorität: **30.01.91 DE 4102648**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**05.08.92 Patentblatt 92/32**

(34) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE DK ES FR GB IT LI NL SE**

(71) Anmelder: **Standard Elektrik Lorenz  
Aktiengesellschaft  
Lorenzstrasse 10  
W-7000 Stuttgart 40(DE)**

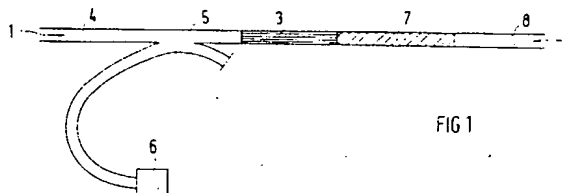
(72) Erfinder: **Pfeiffer, Thomas, Dr.  
Lenzkircher Strasse 5 a  
W-7000 Stuttgart 80(DE)**

(74) Vertreter: **Pohl, Herbert, Dipl.-Ing et al  
Standard Elektrik Lorenz AG Patent- und  
Lizenzwesen Postfach 30 09 29  
W-7000 Stuttgart 30(DE)**

(54) **Optischer Verstärker.**

(57) Pumplicht, das in optischen Verstärkern zur Verstärkung von Lichtsignalen, die in Lichtwellenleitern (4, 8) übertragen werden, über einen Lichtwellenleiterkoppler (5) in ein Lichtsignalverstärkungs-Faserstück (3) eingespeist und darin nicht vollständig absorbiert werden, können Störungen in der Übertragungsstrecke verursachen.

Erfindungsgemäß ist hinter dem Lichtsignalverstärkungs-Faserstück (3) ein Ytterbium enthaltendes Pumplichtabsorptions-Faserstück (7) vorhanden, das einen großen Absorptionsquerschnitt im Wellenlängenbereich von 900 - 1050 nm hat, in dem die Wellenlänge des Pumplichts liegt, das aus einem Laser kommt.



EP 0 497 140 A1

Die Erfindung bezieht sich auf einen optischen Verstärker nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und auf ein Verfahren zum Betreiben des optischen Verstärkers nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 6.

Optische Verstärker dienen zur Verstärkung von Lichtsignalen, die in Lichtwellenleitern übertragen werden und durch Dämpfung abgeschwächt werden, so daß sie verstärkt werden müssen. Um die Lichtsignale zu verstärken, weisen die optischen Verstärker ein Lichtsignalverstärkungs-Faserstück auf. Das Lichtsignalverstärkungs-Faserstück enthält eine laseraktive Substanz, z.B. eine Erbium-Verbindung, die durch Pumplicht aus einem Laser, z.B. Halbleiterlaser, angeregt wird.

Aus Electronics Letters 26 (1990), S. 532-533, ist ein derartiger optischer Verstärker mit einem Erbium-dotierten Lichtsignalverstärkungs-Faserstück bekannt. Er weist in Übertragungsrichtung der Lichtsignale vor dem Lichtsignalverstärkungs-Faserstück einen Lichtwellenleiterkoppler auf, über den Pumplicht aus einem Multi-Quantum-Well-Halbleiterlaser in das Lichtsignalverstärkungs-Faserstück eingestrahlt wird.

In Übertragungsrichtung der Lichtsignale hinter dem Lichtsignalverstärkungs-Faserstück ist ein Filter vorhanden, das als Interferenzfilter ausgebildet ist. Es dient zur Absorption desjenigen Pumplichts, das in dem Lichtsignalverstärkungs-Faserstück nicht absorbiert wurde und dessen Übertragung in dem Lichtwellenleiter zu einer Empfangseinrichtung unterdrückt werden soll, weil es Störungen verursachen kann.

Aus anderen Veröffentlichungen, z.B. aus Electronics Letters 26 (1990), S. 66-67, sind optische Verstärker bekannt, die anstelle eines interferometrischen Filters einen optischen Isolator aufweisen. Der optische Isolator dient einerseits zur Unterdrückung von Rückreflexionen der Lichtsignale, andererseits absorbiert er auch Licht anderer Wellenlängen, z.B. das Pumplicht. Er wirkt also auch als Filter.

Das interferometrische Filter und der optische Isolator haben den Nachteil, daß sie auch eine Schwächung der Lichtsignale verursachen insbesondere der Lichtsignale mit der Wellenlänge 1300 nm.

Es ist die Aufgabe der Erfindung, einen optischen Verstärker der eingangs genannten Art mit einem Filter zu schaffen, das das Pumplicht stark absorbiert, ohne die Lichtsignale zu schwächen.

Es ist außerdem die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Betreiben eines optischen Verstärkers mit einem derartigen Filter zu schaffen.

Die Aufgabe wird, wie in Patentanspruch 1 bzw. 6 angegeben, gelöst.

Ein erfindungsgemäßer optischer Verstärker hat darüber hinaus den Vorteil, daß das in ihm

enthaltene und als Filter dienende Pumplichtabsorptions-Faserstück sich leicht in die Übertragungsstrecke der Lichtsignale einbauen läßt, da es ebenso ein Faserstück ist wie das Lichtsignalverstärkungs-Faserstück. Mit diesem läßt es sich nach dem bekannten Spleiß-Verfahren ebenso verspleißen wie mit dem Lichtwellenleiterkoppler oder mit dem Lichtwellenleiter für die Übertragung der Lichtsignale.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung sind zwei Pumplichtabsorptions-Faserstücke vorhanden. Dann läßt sich Pumplicht aus zwei Lasern in das Lichtsignalverstärkungs-Faserstück einspeisen. Jedes der beiden Pumplichtabsorptions-Faserstücke erfüllt in diesem Fall zwei Aufgaben: es absorbiert das Pumplicht des einen Lasers in Vorwärtsrichtung und das Pumplicht des anderen, das an einer Stelle mit einem Brechungsindexsprung, z.B. an einer Spleißstelle, zurückreflektiert worden ist, in Rückwärtsrichtung.

Andere vorteilhafte Weiterbildungen sind den übrigen Patentansprüchen zu entnehmen.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Zeichnungen in Beispielen näher erläutert. Soweit die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben des optischen Verstärkers betrifft, wird es im Zusammenhang mit der Beschreibung des optischen Verstärkers erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen optischen Verstärker mit einem einzigen Pumplichtabsorptions-Faserstück und

Fig. 2 einen optischen Verstärker mit zwei Pumplichtabsorptions-Faserstücken.

Nachfolgend wird ein optischer Verstärker (Fig. 1) mit einem Eingang 1 und einem Ausgang 2 beschrieben, um einen Hinweis auf die Richtung zu geben, in die Lichtsignale in dem optischen Verstärker übertragen werden.

Selbstverständlich können die Lichtsignale auch in "umgekehrter Richtung" in dem optischen Verstärker übertragen werden. In diesem Fall wird der Eingang 1 zum Ausgang und der Ausgang 2 zum Eingang.

Der optische Verstärker (Fig. 1) weist hinter dem Eingang 1 ein Lichtsignalverstärkungs-Faserstück 3 auf, das beispielsweise eine Erbiumverbindung als laseraktive Substanz enthält. Zwischen dem Eingang 1 und dem Lichtsignalverstärkungs-Faserstück 3 durchlaufen die Lichtsignale einen ersten Lichtwellenleiter 4 und einen Lichtwellenleiterkoppler 5. Das Lichtsignalverstärkungs-Faserstück 3 ist mit dem Lichtwellenleiterkoppler 5 verspleißt. Um eine besonders hohe optische Verstärkung der Lichtsignale zu erreichen, ist es von Vorteil, wenn sein Kern einen kleineren Querschnitt aufweist als der Kern des Lichtwellenleiterkopplers 5. Aufgrund dessen hat das Lichtsignalverstärkungs-Faserstück 3 insgesamt einen kleineren Quer-

als der Lichtwellenleiterkoppler 5. Dieser ist das Lichtsignalverstärkungs-Faserstück 3 mit einem Laser 6, der vorzugsweise ein Halbleiter-Laser ist, z.B. ein InGaAs:AlGaAs-Laser, der Pumplicht mit einer Wellenlänge aus dem Wellenlängenbereich von 960 - 1000 nm emittiert.

In Lichtausbreitungsrichtung hinter dem Lichtsignalverstärkungs-Faserstück 3 ist an dieses ein Pumplichtabsorptions-Faserstück 7 angespleißt. Es enthält eine Ytterbium ( $\text{Yb}^{3+}$ )-Verbindung, die in dem Wellenlängenbereich von 900 - 1050 nm, d.h. in dem Wellenlängenbereich des Pumplichts, stark absorbiert. Dabei findet eine Anregung von dem Energieniveau  $^2\text{F}_{7/2}$  auf das Energieniveau  $^2\text{F}_{5/2}$  statt.

Hinter dem Pumplichtabsorptions-Faserstück 7 schließt sich ein zweiter Lichtwellenleiter 8 an, den die Lichtsignale durch den Ausgang 2 verlassen. Gemäß dem anhand von Fig. 1 erläuterten optischen Verstärker hat das Pumplichtabsorptions-Faserstück 7 den gleichen Querschnitt wie der Lichtwellenleiter 8, der sich an es anschließt.

Das Pumplichtabsorptions-Faserstück 7 kann aber auch den gleichen Querschnitt wie das Lichtsignalverstärkungs-Faserstück 3 haben.

Gemäß einer Weiterbildung, die anhand von Fig. 2 erläutert wird, ist außer den bereits in Fig. 1 enthaltenen Bestandteilen ein weiterer Lichtwellenleiterkoppler 9 vorhanden, der zwischen dem Lichtsignalverstärkungs-Faserstück 3 und dem Pumplichtabsorptions-Faserstück 7 angeordnet ist. Über ihn wird aus einem Laser 10 kommendes Pumplicht entgegengesetzt zur Richtung des aus dem Laser 6 kommenden Pumplichts zwischen dem Lichtwellenleiter 4 und dem Lichtwellenleiterkoppler 5 in das Lichtsignalverstärkungs-Faserstück 3 eingespeist. Der Laser 10 ist vorzugsweise genauso aufgebaut wie der Laser 6.

Daher ist ein weiteres Pumplichtabsorptions-Faserstück 11 vorhanden, durch das das aus dem Laser 10 kommende Pumplicht im wesentlichen absorbiert wird. Ein geringer Anteil dieses Pumplichts wird an den Grenzflächen zwischen dem Pumplichtabsorptions-Faserstück 11, den Lichtwellenleiterkopplern 5, 9 und dem Lichtsignalverstärkungs-Faserstück 3 reflektiert und gelangt in das Pumplichtabsorptions-Faserstück 7, wo es dann absorbiert wird.

Entsprechend wird ein geringer Anteil des aus dem Laser 6 kommenden Pumplichts an den Grenzflächen zwischen dem Pumplichtabsorptions-Faserstück 7, den Lichtwellenleiterkopplern 5, 9 und dem Lichtsignalverstärkungs-Faserstück 3 reflektiert und gelangt in das Pumplichtabsorptions-Faserstück 11, wo es dann absorbiert wird.

Das Pumplichtabsorptions-Faserstück 7 hat vorzugsweise den gleichen Querschnitt wie der an es angrenzende Lichtwellenleiter 8 und optische

Koppler 9.

Das Pumplichtabsorptions-Faserstück 11 hat vorzugsweise den gleichen Querschnitt wie der an es angrenzende Lichtwellenleiter 4 und optische Koppler 5. Auf diese Weise lassen sich die Pumplichtabsorptions-Faserstücke 7, 11 einfach mit den Lichtwellenleitern 4, 8 und den Lichtwellenleiterkopplern 5, 9 verspleißen.

Auch für den optischen Verstärker gemäß Fig. 2 gilt, daß die Lichtsignale in beiden Richtungen in dem Lichtsignalverstärkungs-Faserstück 3 den Lichtwellenleiterkopplern 5, 9 und den Lichtwellenleitern 4, 8 übertragen werden können.

## Patentansprüche

1. Optischer Verstärker zur Verstärkung von Lichtsignalen, in dem hinter einem ersten Lichtwellenleiterkoppler (5) zur Einkopplung eines ersten Pumplichts ein Lichtsignalverstärkungs-Faserstück (3) angeordnet ist, in dem die Lichtsignale durch das Pumplicht verstärkbar sind, und in dem hinter dem Lichtsignalverstärkungs-Faserstück (3) ein Filter zur Absorption des Pumplichts angeordnet ist.

**dadurch gekennzeichnet,**

daß das Filter als Pumplichtabsorptions-Faserstück (7), das Ytterbium enthält, ausgebildet ist.

2. Optischer Verstärker nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem ersten Pumplichtabsorptions-Faserstück (7) ein zweiter Lichtwellenleiterkoppler (9) zur Einkopplung eines zweiten Pumplichts in das Lichtsignalverstärkungs-Faserstück (3) und vor dem ersten Lichtwellenleiterkoppler (5) ein weiteres Pumplichtabsorptions-Faserstück (11) und zwischen dem Lichtsignalverstärkungs-Faserstück (3) angeordnet sind.
3. Optischer Verstärker nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Pumplichtabsorptions-Faserstück (7) den gleichen Querschnitt hat wie das Lichtsignalverstärkungs-Faserstück (3).
4. Optischer Verstärker nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Pumplichtabsorptions-Faserstück (7) den gleichen Querschnitt hat wie ein Lichtwellenleiter (8), der hinter dem Pumplichtabsorptions-Faserstück (7) angeordnet ist.
5. Optischer Verstärker nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumplichtabsorptions-Faserstücke (7, 11) den

gleichen Querschnitt haben wie an sie angrenzende Lichtwellenleiter (4, 8) und die an sie angrenzenden Lichtwellenleiterkoppler (5, 9).

6. Verfahren zum Betreiben eines optischen Verstärkers zur Verstärkung von Lichtsignalen, in dem die Lichtsignale in einem Lichtsignalverstärkungs-Faserstück durch ein erstes Pumplicht verstärkt werden, **dadurch gekennzeichnet,** daß das in dem Lichtsignalverstärkungs-Faserstück nicht verbrauchte erste Pumplicht in einem ersten Ytterbium enthaltenden Pumplichtabsorptions-Faserstück absorbiert wird.
7. Verfahren zum Betreiben eines optischen Verstärkers zur Verstärkung von Lichtsignalen nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtsignale in dem Lichtsignalverstärkungs-Faserstück außerdem durch ein zweites Pumplicht verstärkt werden und daß das in dem Lichtsignalverstärkungs-Faserstück nicht verbrauchte zweite Pumplicht in einem zweiten, Ytterbium enthaltenden Pumplichtabsorptions-Faserstück absorbiert wird.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

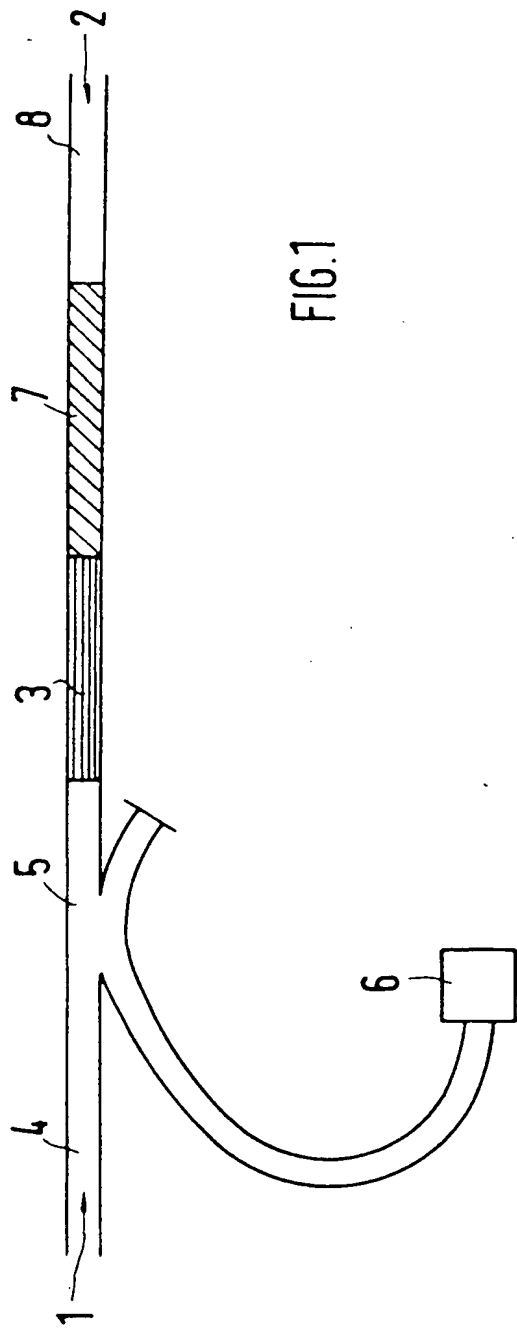


FIG. 1

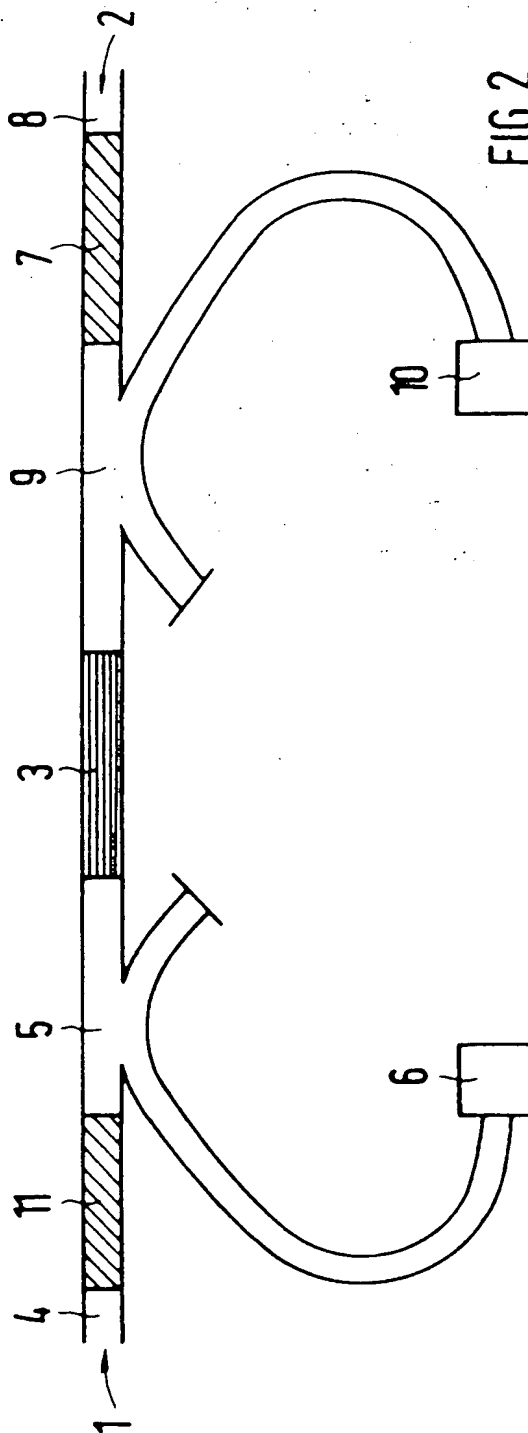


FIG. 2



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 92 10 0571

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A,D	ELECTRONICS LETTERS. Bd. 26, Nr. 8, 12. April 1990, STEVENAGE GB Seiten 532 - 533; J. BOGGIS ET AL.: 'Broadband, high sensitivity erbium amplifier receiver for operation over wide wavelength range' * Seite 532, linke Spalte, Zeile 29 - Zeile 31; Abbildung 1 *	1,6	H01S3/06
A	JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY. Bd. 6, Nr. 2, Februar 1988, NEW YORK US Seiten 287 - 293; B.J. AINSLIE ET AL.: 'The absorption and fluorescence spectra of rare earth ions in silica-based monomode fiber' * Seite 288, rechte Spalte, Zeile 4 - Zeile 7; Abbildung 5 *	1,6	
A	ELECTRONICS LETTERS. Bd. 22, Nr. 21, 9. Oktober 1986, STEVENAGE GB Seiten 1126 - 1128; M.C. FARRIES ET AL.: 'Very high-rejection optical fiber filters' * Seite 1126, rechte Spalte, Zeile 8 - Zeile 14 *	1,6	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)  H01S
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG	Abschlußdatum der Recherche 19 MAI 1992	Prüfer BATTIPEDE F.	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ----- A : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer andern Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			